

Docket No.: 65933-051 No

PATENT

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of	:	Customer Number: 20277
	:	
Yoshiharu DOI	:	Confirmation Number:
	:	
Serial No.:	:	Group Art Unit:
	:	
Filed: November 19, 2003	:	Examiner:
	:	
For:		METHOD AND APPARATUS FOR ESTIMATING RESPONSE CHARACTERISTIC, AND RECEIVING METHOD AND RECEIVER UTILIZING THE SAME

**CLAIM OF PRIORITY AND
TRANSMITTAL OF CERTIFIED PRIORITY DOCUMENT**

Mail Stop CPD
Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

In accordance with the provisions of 35 U.S.C. 119, Applicant hereby claims the priority of:

Japanese Patent Application No. JP2002-337306, filed November 20, 2002

cited in the Declaration of the present application. A certified copy is submitted herewith.

Respectfully submitted,

MCDERMOTT, WILL & EMERY


Arthur J. Steiner
Registration No. 26,106

600 13th Street, N.W.
Washington, DC 20005-3096
(202) 756-8000 AJS:mcw
Facsimile: (202) 756-8087
Date: November 19, 2003

65933-051

Y. Doi

November 19, 2003

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

McDermott, Will & Emery

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 2 年 1 1 月 2 0 日
Date of Application:

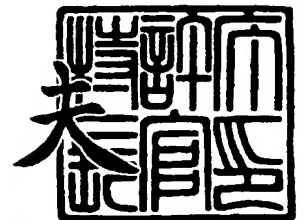
出 願 番 号 特 願 2 0 0 2 - 3 3 7 3 0 6
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 2 - 3 3 7 3 0 6]

出 願 人 三 洋 電 機 株 式 会 社
Applicant(s):

2 0 0 3 年 1 0 月 1 6 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康



【書類名】 特許願

【整理番号】 NQC1020073

【提出日】 平成14年11月20日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H04B 07/005
H04B 07/02
H04B 07/08
H01Q 03/26

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府守口市京阪本通 2 丁目 5 番 5 号 三洋電機株式会社
社内

【氏名】 土居 義晴

【特許出願人】

【識別番号】 000001889

【氏名又は名称】 三洋電機株式会社

【代理人】

【識別番号】 100105924

【弁理士】

【氏名又は名称】 森下 賢樹

【電話番号】 03-3461-3687

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 091329

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 応答特性推定方法と装置およびそれを利用した受信方法と装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 受信信号を入力する入力部と、
前記入力した受信信号と既知の送信信号を相関処理する相関処理部と、
前記入力した受信信号と前記既知の送信信号から、前記既知の送信信号に対する前記入力した受信信号の位相誤差を推定する位相誤差推定部と、
前記推定した位相誤差をもとに、相関処理した結果を補正することによって、前記既知の送信信号に対する前記入力した受信信号の応答特性を推定する位相誤差補正部と、
を含むことを特徴とする応答特性推定装置。

【請求項 2】 前記既知の送信信号は、受信信号中の所定の区間に連続して含まれ、

本応答特性推定装置はさらに、前記入力した受信信号から、前記既知の送信信号が連続している区間の終点を検出する制御部を含み、

前記位相誤差補正部は、前記検出した終点において、前記推定した位相誤差をもとに、相関処理した結果を補正することを特徴とする請求項 1 に記載の応答特性推定装置。

【請求項 3】 受信信号を入力するステップと、
前記入力した受信信号と既知の送信信号を相関処理するステップと、
前記入力した受信信号と前記既知の送信信号から、前記既知の送信信号に対する前記入力した受信信号の位相誤差を推定するステップと、
前記推定した位相誤差をもとに、相関処理した結果を補正することによって、前記既知の送信信号に対する前記入力した受信信号の応答特性を推定するステップと、
を含むことを特徴とする応答特性推定方法。

【請求項 4】 受信信号を入力するステップと、
前記入力した受信信号と既知の送信信号を相関処理するステップと、
前記入力した受信信号と前記既知の送信信号から、前記既知の送信信号に対す

る前記入力した受信信号の位相誤差を推定するステップと、

前記推定した位相誤差をもとに、相関処理した結果を補正することによって、前記既知の送信信号に対する前記入力した受信信号の応答特性を推定するステップと、

をコンピュータに実行させるためのプログラム。

【請求項 5】 複数の受信信号をそれぞれ入力する入力部と、

前記入力した複数の受信信号と既知の送信信号をそれぞれ相関処理する相関処理部と、

前記入力した複数の受信信号のうちの少なくともひとつと、前記既知の送信信号から、前記既知の送信信号に対する前記入力した複数の受信信号のうちの少なくともひとつの位相誤差を推定する位相誤差推定部と、

前記推定した位相誤差をもとに、複数の相関処理した結果をそれぞれ補正することによって、複数の重み係数を生成する位相誤差補正部と、

前記入力した複数の受信信号と複数の重み係数を、それぞれ対応させて乗算した後、乗算結果を合成する合成部と、

を含むことを特徴とする受信装置。

【請求項 6】 前記位相誤差推定部は、前記入力した複数の受信信号と前記既知の送信信号から、前記既知の送信信号に対する前記入力した複数の受信信号の位相誤差をそれぞれ推定し、推定した複数の位相誤差を平均処理することによって、最終的な位相誤差を再び推定することを特徴とする請求項 5 に記載の受信装置。

【請求項 7】 前記既知の送信信号は、受信信号中の所定の区間に連続して含まれ、

本受信装置はさらに、前記入力した複数の受信信号から、前記既知の送信信号が連続している区間の終点を検出する制御部を含み、

前記位相誤差補正部は、前記検出した終点において、前記推定した位相誤差をもとに、複数の相関処理した結果をそれぞれ補正することを特徴とする請求項 5 または 6 に記載の受信装置。

【請求項 8】 複数の受信信号をそれぞれ入力するステップと、

前記入力した複数の受信信号と既知の送信信号をそれぞれ相関処理するステップと、

前記入力した複数の受信信号のうちの少なくともひとつと、前記既知の送信信号から、前記既知の送信信号に対する前記入力した複数の受信信号のうちの少なくともひとつの位相誤差を推定するステップと、

前記推定した位相誤差をもとに、複数の相関処理した結果をそれぞれ補正することによって、複数の重み係数を生成するステップと、

前記入力した複数の受信信号と複数の重み係数を、それぞれ対応させて乗算した後、乗算結果を合成するステップと、

を含むことを特徴とする受信方法。

【請求項 9】 複数の受信信号をそれぞれ入力するステップと、

前記入力した複数の受信信号と既知の送信信号をそれぞれ相関処理するステップと、

前記入力した複数の受信信号のうちの少なくともひとつと、前記既知の送信信号から、前記既知の送信信号に対する前記入力した複数の受信信号のうちの少なくともひとつの位相誤差を推定するステップと、

前記推定した位相誤差をもとに、複数の相関処理した結果をそれぞれ補正することによって、複数の重み係数を生成するステップと、

前記入力した複数の受信信号と複数の重み係数を、それぞれ対応させて乗算した後、乗算結果を合成するステップと、

をコンピュータに実行させるためのプログラム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は応答特性推定技術およびそれを利用した受信技術に関する。特に複数のアンテナで受信した無線信号を合成するための、重み係数の推定方法と装置およびそれを利用した受信方法と装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

ワイヤレス通信において、一般に限りある周波数資源の有効利用が望まれている。周波数資源を有効利用するために、例えば同一の周波数の電波が可能な限り近い距離で繰り返し使用される。しかし、その場合、同一周波数を使用する近接の無線基地局や無線移動局からの同一チャネル干渉により、通信品質が劣化する。同一チャネル干渉による通信品質の劣化を防ぐ技術のひとつが、アダプティブアレイアンテナ技術である。

【0003】

アダプティブアレイアンテナ技術において、複数のアンテナで受信された信号は、各々異なる重み係数で重み付けされて合成される。重み係数は、合成後の信号より判定された送信したい信号と、合成後の信号の間の誤差信号が小さくなるように適応的に更新される。重み係数の適応的な更新のために、例えば、RLS (Recursive Least Squares) アルゴリズムやLMS (Least Mean Squares) アルゴリズムなどの適応アルゴリズムが使用される。RLS アルゴリズムは、一般に高速に収束するが、計算が複雑であるため、高速な演算回路や大規模な演算回路を要求する。LMS アルゴリズムは、RLS アルゴリズムより簡易な演算回路で実現可能であるが、その収束速度が遅い（例えば、特許文献1 参照。）。

【0004】

【特許文献1】

特開 2002-26788 号公報

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

簡易な演算回路で、高速に重み係数を決定する技術のひとつが、既知の送信信号と受信信号の相関処理により重み係数を決定する技術である。しかし、相関処理を使用した技術は、適応アルゴリズムと異なり環境の変動に追従しないため、例えば、送信装置と受信装置の周波数発振器に周波数偏差がある場合、その周波数偏差が重み係数に誤差として反映される。一般に、アダプティブアレイアンテナにおいて、誤差を有する重み係数を使用すると受信特性が劣化する。

【0006】

本発明者はこうした状況を認識して、本発明をなしたものであり、その目的は応答特性を簡易な演算回路で高速に推定する応答特性推定装置およびそれを利用した受信装置を提供することである。また、送信装置と受信装置の周波数発振器の周波数偏差による応答特性の推定精度の劣化を改善した応答特性推定装置およびそれを利用した受信装置を提供することである。また、送信装置と受信装置の周波数発振器の周波数偏差の推定精度を向上させる応答特性推定装置およびそれを利用した受信装置を提供することである。

【0007】

【課題を解決するための手段】

本発明のある態様は、応答特性推定装置である。この装置は、受信信号を入力する入力部と、入力した受信信号と既知の送信信号を相関処理する相関処理部と、入力した受信信号と既知の送信信号から、既知の送信信号に対する入力した受信信号の位相誤差を推定する位相誤差推定部と、推定した位相誤差をもとに、相関処理した結果を補正することによって、既知の送信信号に対する入力した受信信号の応答特性を推定する位相誤差補正部とを含む。

【0008】

「入力した受信信号と既知の送信信号から、既知の送信信号に対する入力した受信信号の位相誤差を推定する」において、「入力した受信信号」と「既知の送信信号」を直接使用して「位相誤差」を推定してもよいし、間接的に使用して推定してもよい。間接的な使用とは、例えば、「既知の送信信号」の周期性を利用する場合である。

「応答特性」には、応答特性を複素共役変換したものや、応答特性を線形変換したものなどの所定の規則にもとづいて変換したものも含むものとする。

【0009】

既知の送信信号は、受信信号中の所定の区間に連続して含まれ、入力した受信信号から、既知の送信信号が連続している区間の終点を検出する制御部を本応答特性推定装置はさらに含む。この装置において、位相誤差補正部は、検出した終点において、推定した位相誤差をもとに、相関処理した結果を補正してもよい。

「連続」とは、長時間において連続である必要はなく、短時間において連続で

あればよい。さらに、当該装置がその規則性を認知していれば、離散的な場合も含み、すなわち、当該装置が「連続」と認識できるものすべてを含む。

【0010】

以上の装置により、位相誤差の推定と並列に、相関処理を実行するため、両方の処理に遅延が発生せず、高速な応答特性の推定が可能である。さらに、相関処理の結果を推定した位相誤差で補正するため、精度の高い応答特性の推定が可能である。

【0011】

本発明の別の態様は、応答特性推定方法である。この方法は、受信信号を入力するステップと、入力した受信信号と既知の送信信号を相関処理するステップと、入力した受信信号と既知の送信信号から、既知の送信信号に対する入力した受信信号の位相誤差を推定するステップと、推定した位相誤差をもとに、相関処理した結果を補正することによって、既知の送信信号に対する入力した受信信号の応答特性を推定するステップとを含む。

既知の送信信号は、受信信号中の所定の区間に連続して含まれ、本応答特性推定方法はさらに、前記入力した受信信号から、前記既知の送信信号が連続している区間の終点を検出するステップを含む。この方法において、既知の送信信号に対する入力した受信信号の応答特性を推定するステップは、検出した終点において、推定した位相誤差をもとに、相関処理した結果を補正してもよい。

【0012】

本発明のさらに別の態様は、プログラムである。このプログラムは、受信信号を入力するステップと、入力した受信信号と既知の送信信号を相関処理するステップと、入力した受信信号と既知の送信信号から、既知の送信信号に対する入力した受信信号の位相誤差を推定するステップと、推定した位相誤差をもとに、相関処理した結果を補正することによって、既知の送信信号に対する入力した受信信号の応答特性を推定するステップとを含む。

既知の送信信号は、受信信号中の所定の区間に連続して含まれ、本プログラムはさらに、前記入力した受信信号から、前記既知の送信信号が連続している区間の終点を検出するステップを含む。このプログラムにおいて、既知の送信信号に

対する入力した受信信号の応答特性を推定するステップは、検出した終点において、推定した位相誤差をもとに、相関処理した結果を補正してもよい。

【0013】

本発明のさらに別の態様は、受信装置である。この装置は、複数の受信信号をそれぞれ入力する入力部と、入力した複数の受信信号と既知の送信信号をそれぞれ相関処理する相関処理部と、入力した複数の受信信号のうちの少なくともひとつと既知の送信信号から、既知の送信信号に対する入力した複数の受信信号のうちの少なくともひとつの位相誤差を推定する位相誤差推定部と、推定した位相誤差をもとに、複数の相関処理した結果をそれぞれ補正することによって、複数の重み係数を生成する位相誤差補正部と、入力した複数の受信信号と複数の重み係数を、それぞれ対応させて乗算した後、乗算結果を合成する合成部とを含む。

【0014】

位相誤差推定部は、入力した複数の受信信号と既知の送信信号から、既知の送信信号に対する入力した複数の受信信号の位相誤差をそれぞれ推定し、推定した複数の位相誤差を平均処理することによって、最終的な位相誤差を再び推定してもよい。

既知の送信信号は、受信信号中の所定の区間に連続して含まれ、本受信装置はさらに、入力した複数の受信信号から、既知の送信信号が連続している区間の終点を検出する制御部を含む。この装置において、位相誤差補正部は、検出した終点において、推定した位相誤差をもとに、複数の相関処理した結果をそれぞれ補正してもよい。

【0015】

本発明のさらに別の態様は、受信方法である。この方法は、複数の受信信号をそれぞれ入力するステップと、入力した複数の受信信号と既知の送信信号をそれぞれ相関処理するステップと、入力した複数の受信信号のうちの少なくともひとつと、既知の送信信号から、既知の送信信号に対する入力した複数の受信信号のうちの少なくともひとつの位相誤差を推定するステップと、推定した位相誤差をもとに、複数の相関処理した結果をそれぞれ補正することによって、複数の重み係数を生成するステップと、入力した複数の受信信号と複数の重み係数を、それ

それぞれ対応させて乗算した後、乗算結果を合成するステップとを含む。

【0016】

既知の送信信号に対する入力した複数の受信信号のうちの少なくともひとつの位相誤差を推定するステップは、入力した複数の受信信号と既知の送信信号から、既知の送信信号に対する入力した複数の受信信号の位相誤差をそれぞれ推定し、推定した複数の位相誤差を平均処理することによって、最終的な位相誤差を再び推定してもよい。

既知の送信信号は、受信信号中の所定の区間に連続して含まれ、本受信方法はさらに、入力した複数の受信信号から、既知の送信信号が連続している区間の終点を検出するステップを含む。この方法において、複数の重み係数を生成するステップは、検出した終点において、推定した位相誤差をもとに、複数の相関処理した結果をそれぞれ補正してもよい。

【0017】

本発明のさらに別の態様は、プログラムである。このプログラムは、複数の受信信号をそれぞれ入力するステップと、入力した複数の受信信号と既知の送信信号をそれぞれ相関処理するステップと、入力した複数の受信信号のうちの少なくともひとつと、既知の送信信号から、既知の送信信号に対する入力した複数の受信信号のうちの少なくともひとつの位相誤差を推定するステップと、推定した位相誤差をもとに、複数の相関処理した結果をそれぞれ補正することによって、複数の重み係数を生成するステップと、入力した複数の受信信号と複数の重み係数を、それぞれ対応させて乗算した後、乗算結果を合成するステップとを含む。

【0018】

既知の送信信号に対する入力した複数の受信信号のうちの少なくともひとつの位相誤差を推定するステップは、入力した複数の受信信号と既知の送信信号から、既知の送信信号に対する入力した複数の受信信号の位相誤差をそれぞれ推定し、推定した複数の位相誤差を平均処理することによって、最終的な位相誤差を再び推定してもよい。

既知の送信信号は、受信信号中の所定の区間に連続して含まれ、本プログラムはさらに、入力した複数の受信信号から、既知の送信信号が連続している区間の

終点を検出するステップを含む。このプログラムにおいて、複数の重み係数を生成するステップは、検出した終点において、推定した位相誤差をもとに、複数の相関処理した結果をそれぞれ補正してもよい。

なお、以上の構成要素の任意の組合せ、本発明の表現を方法、装置、システム、記録媒体、コンピュータプログラムなどの間で変換したものもまた、本発明の態様として有効である。

【0019】

【発明の実施の形態】

（実施の形態1）

実施の形態1は、バースト信号の無線信号を、複数のアンテナで受信し、受信した信号を各々異なる重み係数で重み付けして合成するアダプティブアレイアンテナを備える受信装置に関する。バースト信号は、先頭部分に配置された既知のトレーニング信号と、それ以外のデータ信号で構成される。実施の形態1に係る受信装置はトレーニング信号区間において、トレーニング信号と受信信号による相関処理と、送信装置と受信装置の周波数発振器の周波数偏差の推定を並列に実行する。トレーニング信号区間が終了する際に、相関処理の結果を推定した周波数偏差で補正して、送信信号に対する受信信号の初期応答特性を複数の受信信号それぞれに対して求める。データ信号区間が開始されると、初期応答特性を重み係数として、受信信号を重み付けして合成する。データ信号区間においては、受信信号を重み係数で重み付けして合成すると共に、重み係数を適応アルゴリズムにより更新して、無線伝搬環境の変動などに追従させる。

【0020】

図1は、実施の形態1に係る送信装置100と受信装置106からなる通信システムを示す。送信装置100は、変調部102、RF部104、アンテナ132を含む。受信装置106は、第1アンテナ134a、第2アンテナ134b、第nアンテナ134n、RF部108、信号処理部110、復調部112を含む。ここで、第1アンテナ134a、第2アンテナ134b、第nアンテナ134nはアンテナ134と総称する。

【0021】

変調部102は、送信したい情報信号を変調し、送信信号（以下、送信信号に含まれるひとつの信号を「シンボル」ともいう）を生成する。変調方式は、QPSK (Quadrature Phase Shift Keying)、16QAM (16 Quadrature Amplitude Modulation)、GMSK (Gaussian filtered Minimum Shift Keying) 等の任意のものでよいが、ここではQPSKとする。また、マルチキャリア通信の場合には、送信装置100に複数の変調部102あるいは逆フーリエ変換部が設けられ、スペクトラム拡散通信の場合には、変調部102に拡散部が設けられる。

【0022】

RF部104は、送信信号を無線周波数の信号に変換する。周波数変換部、パワーアンプ、周波数発振器等が含まれる。

送信装置100のアンテナ132は、無線周波数の信号を送信する。アンテナの指向性とアンテナ数は任意でよい。

【0023】

受信装置106のアンテナ134は、無線周波数の信号を受信する。本実施の形態において、アンテナ数はnとし、構成要素に「第n」が併記される場合、当該構成要素はアンテナ数分存在し、これらは基本的に同一の動作を並列して実行する。

RF部108は、無線周波数の信号をベースバンド受信信号300に変換する。RF部108には、周波数発振器等が設けられるほか、マルチキャリア通信の場合には、フーリエ変換部が設けられ、スペクトラム拡散通信の場合には、逆拡散部が設けられる。

【0024】

信号処理部110は、ベースバンド受信信号300を重み係数でそれぞれ重み付けして合成すると共に、それぞれの重み係数を適応的に制御する。

復調部112は、合成した信号を復調し、送信した情報信号を判定する。遅延検波回路や同期検波のためのキャリア再生回路が復調部112に設けられてもよい。

【0025】

図2と図3は、図1の通信システムに対応するが、それぞれ異なる通信システムで使用されるバーストフォーマットであり、その中に含まれるトレーニング信号とデータ信号も示されている。図2は、簡易電話システムの通話チャネルで使用されるバーストフォーマットである。バーストの先頭から4シンボルの間に、タイミング同期に使用するためのプリアンブルが配置されている。プリアンブルとユニークワードの信号は、信号処理部110にとって既知信号であるため、信号処理部110は、プリアンブルとユニークワードをトレーニング信号として使用可能である。プリアンブルとユニークワードに続くデータ、CRCは、信号処理部110にとって未知の信号であり、データ信号に相当する。

【0026】

図3は、無線LAN (Local Area Network) のひとつのIEEE802.11aの通話チャネルで使用されるバーストフォーマットである。IEEE802.11aは、OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 変調方式を使用しており、OFDM変調方式では、一般にフーリエ変換のサイズとガードインターバルのシンボル数の合計をひとつの単位とする。このひとつの単位を本実施の形態ではOFDMシンボルとする。バーストの先頭から4OFDMシンボルの間に、主としてタイミング同期とキャリア再生に使用するためのプリアンブルが配置されている。プリアンブルの信号は、信号処理部110にとって既知信号であるため、信号処理部110は、プリアンブルをトレーニング信号として使用可能である。これらに続く、ヘッダ、データは、信号処理部110にとって未知の信号であり、データ信号に相当する。

【0027】

図4は、図1に示される受信装置106の構成を示す。RF部108は、前処理部114と総称する第1前処理部114a、第2前処理部114b、第n前処理部114nを含み、信号処理部110は、BB入力部116と総称する第1BB入力部116a、第2BB入力部116b、第nBB入力部116n、合成部118、ウエイト計算部120と総称する第1ウエイト計算部120a、第2ウ

エイト計算部 120b、第 n ウエイト計算部 120n、立ち上がり検出部 122、制御部 124、トレーニング信号記憶部 126、初期値計算部 10 と総称する第 1 初期値計算部 10a、第 2 初期値計算部 10b、第 n 初期値計算部 10n、位相誤差推定部 12 を含み、復調部 112 は、判定部 128、加算部 130 を含む。

【0028】

また、信号として、ベースバンド受信信号 300 と総称する第 1 ベースバンド受信信号 300a、第 2 ベースバンド受信信号 300b、第 n ベースバンド受信信号 300n、トレーニング信号 302、位相誤差信号 304、制御信号 306、誤差信号 308、重み係数 310 と総称する第 1 重み係数 310a、第 2 重み係数 310b、第 n 重み係数 310n、相関値 312 と総称する第 1 相関値 312a、第 2 相関値 312b、第 n 相関値 312n を含む。

【0029】

前処理部 114 は、無線周波数の信号をベースバンド受信信号 300 に変換する。

BB 入力部 116 は、ベースバンド受信信号 300 を受けつける。i 番目のアンテナで受信されるベースバンド受信信号 $300x_i(t)$ は以下のとおりである。

【数 1】

$$x_i(t) = h_i S(t) \exp(j\Delta\omega t) + n_i t$$

ここで、 h_i は、無線区間の応答特性、 $S(t)$ は送信信号、 $\Delta\omega$ は送信装置 100 と受信装置 106 の周波数発振器の周波数偏差、 $n_i(t)$ は雑音を示す。

【0030】

立ち上がり検出部 122 は、ベースバンド受信信号 300 から信号処理部 110 の動作のトリガーとなるバースト信号の先頭を検出する。検出したバースト信号の先頭のタイミングは制御部 124 に報告され、制御部 124 は、先頭タイミングからトレーニング信号 302 区間の終了タイミングを計算し、これらのタイ

ミングを制御信号 306 として、必要に応じて各部に通知する。

トレーニング信号記憶部 126 は、トレーニング信号 302 を記憶し、必要に応じて、トレーニング信号 302 を出力する。

【0031】

初期値計算部 10 は、トレーニング信号 302 区間中に、ベースバンド受信信号 300 とトレーニング信号 302 の相関処理によって、相関値 312 を計算する。さらに、ベースバンド受信信号 300 が直接入力されるので、処理遅延も小さい。結果の相関値 312 C_i は以下の通りである。

【数 2】

$$\begin{aligned} C_i &= h_i^* \sum \{ \exp(-j\Delta\omega t) S^*(t) S(t) \} + \sum \{ n_i(t) S(t) \} \\ &= h_i^* \sum \exp(-j\Delta\omega t) \end{aligned}$$

ここで、平均時間は十分長いものとし、雑音に関する項を無視した。

【0032】

位相誤差推定部 12 は、トレーニング信号 302 区間中に初期値計算部 10 と独立して、ベースバンド受信信号 300 とトレーニング信号 302 から、送信装置 100 と受信装置 106 が有する周波数発振器の周波数偏差を推定し、周波数偏差によって生じる位相誤差を位相誤差信号 304 として出力する。位相誤差信号 304 P_0 は、以下の通りである。

【数 3】

$$P_0 = \sum \exp(-j\Delta\omega t)$$

ウェイト計算部 120 は、トレーニング信号 302 区間が終了する際に、相関値 312 を位相誤差信号 304 で補正して、初期の重み係数 310 w_i を以下の通り求める。

【数 4】

$$w_i = C_i / P_0 = h_i^*$$

データ信号区間において、重み係数 310 は、初期の重み係数 310 から更新

される。LMS アルゴリズムが、ベースバンド受信信号 300 と後述する誤差信号 308 をもとに重み係数 310 を更新する。

【0033】

合成部 118 は、ベースバンド受信信号 300 を重み係数 310 で重み付けした後、それらを加算する。加算結果 $y(t)$ は、以下の通りである。

【数 5】

$$y(t) = \sum w_i x_i(t)$$

判定部 128 は、加算した信号を予め規定しているしきい値と比較して、送信した情報信号を判定する。判定は、硬判定でもよく、軟判定でもよい。

【0034】

加算部 130 は、ウエイト計算部 120 の LMS アルゴリズムで使用するための誤差信号 308 を、合成した信号と判定した信号の差分により生成する。誤差信号 308 が小さくなるように、LMS アルゴリズムは重み係数 310 を制御するため、理想状態において、誤差信号 308 はゼロとなる。

【0035】

図 5 から図 7 は、第 1 前処理部 114 a のさまざまな構成を示す。図 2 や図 3 で示した異なる通信システム間の相違は、受信装置 106 における第 1 前処理部 114 a で吸収され、これに続く信号処理部 110 は、一般に通信システムの相違を意識することなく動作可能となる。図 5 の第 1 前処理部 114 a は、図 2 に示した簡易電話システムや携帯電話のようなシングルキャリア通信システムに対応し、周波数変換部 136、準同期検波部 138、AGC 140 (Automatic Gain Control)、AD 変換部 142、タイミング検出部 144 を含む。図 6 の第 1 前処理部 114 a は、W—CDMA (Wideband—Code Division Multiple Access) や IEEE 802.11b に準拠した無線 LAN のようなスペクトラム拡散通信システムに対応し、逆拡散部 172 が付加される。図 7 の第 1 前処理部 114 a は、図 3 に示した IEEE 802.11a や HiperLAN/2 のようなマルチキャリア通信システムに対応し、フーリエ変換部 174 が付加される。

【0036】

周波数変換部 136 は、無線周波数の信号をひとつまたは複数の中間周波数の信号等に変換する。

準同期検波部 138 は、中間周波数の信号を周波数発振器により、直交検波し、ベースバンドのアナログ信号を生成する。準同期検波部 138 に含まれる周波数発振器は、送信装置 100 にある周波数発振器と独立して動作するため、一般的にふたつの周波数発振器間の周波数は異なる。

【0037】

AGC 140 は、ベースバンドのアナログ信号の振幅を AD 変換部 142 のダイナミックレンジ内の振幅にするために、利得を自動的に制御する。

AD 変換部 142 は、ベースバンドのアナログ信号をデジタル信号に変換する。デジタル信号に変換するためのサンプリング間隔は、デジタル化による信号の劣化を抑えるために、通常、シンボル間隔より短く設定する。ここでは、サンプリング間隔をシンボル間隔の $1/2$ とする（以下、このサンプリング間隔でデジタル化された信号を「高速デジタル信号」という）。

【0038】

タイミング検出部 144 は、高速デジタル信号から、最適なサンプリングタイミングのベースバンド受信信号 300 を選択する。あるいは、高速デジタル信号に対して、合成等の処理を施し、最適なサンプリングタイミングを有するベースバンド受信信号 300 を生成する。

図 6 の逆拡散部 172 は、ベースバンド受信信号 300 を、予め規定されている符号系列で相関処理する。図 7 のフーリエ変換部 174 は、ベースバンド受信信号 300 を、フーリエ変換する。

【0039】

図 8 は、タイミング検出部 144 の構成を示す。タイミング検出部 144 は、遅延部 146 と総称する第 1 遅延部 146 a、第 2 遅延部 146 b、第 $n-1$ 遅延部 146 $n-1$ 、乗算部 150 と総称する第 1 乗算部 150 a、第 2 乗算部 150 b、第 $n-1$ 乗算部 150 $n-1$ 、第 n 乗算部 150 n 、データ記憶部 152 と総称する第 1 データ記憶部 152 a、第 2 データ記憶部 152 b、第 $n-1$

データ記憶部 152_{n-1}、第 n データ記憶部 152_n、加算部 154、判定部 156、主信号遅延部 158、選択部 160 を含む。

【0040】

遅延部 146 は、入力した高速デジタル信号を相関処理のために遅延させる。高速デジタル信号のサンプリング間隔は、シンボル間隔の 1/2 であるが、遅延部 146 の遅延量はシンボル間隔に設定されているため、ひとつおきの高速デジタル信号が乗算部 150 に出力される。

データ記憶部 152 は、タイミング同期のためのプリアンブル信号をそれぞれ 1 シンボル記憶する。

乗算部 150 は、高速デジタル信号とプリアンブル信号を乗算し、その結果は加算部 154 で加算される。

【0041】

判定部 156 は、加算結果をもとに、最適なサンプリングタイミングを選択する。高速デジタル信号のサンプリング間隔はシンボル間隔の 1/2 であり、加算に使用される高速デジタル信号の間隔はシンボル間隔であるため、ひとつおきの高速デジタル信号に対する加算結果が、ひとつのサンプリングタイミングをずらして 2 種類存在する。判定部 156 は、2 種類の加算結果を比較し、加算結果が大きい方のタイミングを最適なサンプリングタイミングと判定する。なお、この判定は、1 度の比較によってなされる必要はなく、数回の比較結果をもとになされてもよい。

【0042】

主信号遅延部 158 は、判定部 156 が最適なサンプリングタイミングを判定するまで、高速デジタル信号を遅延させる。

選択部 160 は、高速デジタル信号から、最適サンプリングタイミングに対応するベースバンド受信信号 300 を選択する。ここでは、2 個の連続した高速デジタル信号のうち、1 個を順次選択する。

【0043】

図 9 は、信号処理部 110 に含まれる立ち上がり検出部 122 の構成を示す。立ち上がり検出部 122 は、電力計算部 162、判定部 164 を含む。

電力計算部 162 は、ベースバンド受信信号 300 の受信電力をそれぞれ計算し、それらを合計することにより、すべてのアンテナ 134 によって受信される信号の電力を求める。

判定部 164 は、受信電力を予め既定してある条件と比較し、その条件が満たされた場合に、バースト信号の先頭が検出されたと判定する。

【0044】

図 10 は、立ち上がり検出部 122 の動作を示す。判定部 164 は、内部のカウンタ T をゼロにセットする (S10)。電力計算部 162 は、ベースバンド受信信号 300 から受信電力を計算する (S12)。判定部 164 は、受信電力をしきい値と比較し、しきい値より大きい場合 (S14 の Y)、T に 1 を加算する (S16)。T が規定されている値 τ より大きくなった場合 (S18 の Y)、バースト信号の先頭を検出したとする。バースト信号の先頭が検出されるまでは、以上の処理を繰り返す (S14 の N、S18 の N)。

【0045】

図 11 は、第 1 初期値計算部 10a の構成を示す。第 1 初期値計算部 10a は、主信号遅延部 14、複素共役部 16、乗算部 18、加算部 20、遅延部 22 を含む。

主信号遅延部 14 は、立ち上がり検出部 122 によって検出されるタイミングと同期させるために、第 1 ベースバンド受信信号 300a を遅延させる。複素共役部 16 は、第 1 ベースバンド受信信号 300a を複素共役に変換する。乗算部 18 は、複素共役の第 1 ベースバンド受信信号 300a とトレーニング信号 302 を乗算する。

加算部 20 と遅延部 22 により、第 1 ベースバンド受信信号 300a とトレーニング信号 302 の乗算結果がトレーニング信号 302 区間において積算され、誤差信号 308 が求められる。

【0046】

図 12 は、位相誤差推定部 12 の構成を示す。位相誤差推定部 12 は、主信号遅延部 26 と総称する第 1 主信号遅延部 26a、第 2 主信号遅延部 26b、第 n 主信号遅延部 26n、乗算部 28 と総称する第 1 乗算部 28a、第 2 乗算部 28

b、第 n 乗算部 28 n、遅延部 30 と総称する第 1 遅延部 30 a、第 2 遅延部 30 b、第 n 遅延部 30 n、複素共役部 32 と総称する第 1 複素共役部 32 a、第 2 複素共役部 32 b、第 n 複素共役部 32 n、乗算部 34 と総称する第 1 乗算部 34 a、第 2 乗算部 34 b、第 n 乗算部 34 n、平均部 36、位相変換部 38、位相検出部 40、複素数変換部 42、補正信号生成部 44、複素共役部 48 を含む。

【0047】

乗算部 28 は、主信号遅延部 26 で遅延したベースバンド受信信号 300 と、複素共役変換されたトレーニング信号 302 を乗算し、送信信号成分を含まない受信信号 $Z_i(t)$ を求める。

【数 6】

$$\begin{aligned} Z_i(t) &= x_i(t) S^*(t) \\ &= h_i \exp(j\Delta\omega t) \end{aligned}$$

ここで、雑音は十分小さいとして、雑音に関する項を無視した。

【0048】

遅延部 30 と複素共役部 32 は、 $Z_i(t)$ を遅延した後、複素共役に変換する。当該変換した信号と $Z_i(t)$ は、乗算部 34 で乗算される。乗算結果 A_i は、以下の通りである。

【数 7】

$$\begin{aligned} A_i(t) &= Z_i(t) Z_i^*(t-2T) \\ &= \exp(j2\Delta\omega t) \end{aligned}$$

ここで、遅延部 30 の遅延時間を $2T$ とした。なお、 T はシンボル間隔である。

【0049】

平均部 36 は、各アンテナに対応する乗算結果を平均する。さらに、時間をシフトさせた乗算結果を使用してもよい。

位相変換部 38 は、アークタンジェント ROM を使用して、平均された乗算結

果 A を位相信号 B に変換する。

【数 8】

$$B=2\Delta\omega T$$

位相検出部 40 は、位相信号 B をシンボル間隔の位相誤差 C に変換する。

【数 9】

$$C=\Delta\omega T$$

複素数変換部 42 は、位相誤差 C をコサイン ROM やサイン ROM を使用して、複素数に再び変換する。補正信号生成部 44 は、複素数で表されたシンボル間隔の位相誤差から数 3 で与えられる位相誤差信号 304PO を計算する。

【0050】

図 13 は、第 1 ウェイト計算部 120a の構成を示す。第 1 ウェイト計算部 120a は、位相誤差補正部 46、複素共役部 50、主信号遅延部 52、乗算部 54、ステップサイズパラメータ記憶部 56、乗算部 58、加算部 60、遅延部 62、出力制御部 64 を含む。

【0051】

位相誤差補正部 46 は、トレーニング信号 302 区間が終了する際に、除算を実行して、第 1 相関値 312a を位相誤差信号 304 によって補正し、初期の第 1 重み係数 310a を求める。

乗算部 54 は、複素共役部 50 によって複素共役変換された誤差信号 308 と、主信号遅延部 52 によって遅延された第 1 ベースバンド受信信号 300a を乗算し、第 1 の乗算結果を生成する。

【0052】

乗算部 58 は、第 1 の乗算結果にステップサイズパラメータ記憶部 56 で記憶されているステップサイズパラメータを乗算し、第 2 の乗算結果を生成する。第 2 の乗算結果は、遅延部 62 と加算部 60 により、フィードバックされた後に、新たな第 2 の乗算結果と加算され、LMS アルゴリズムによって、加算結果が逐次更新される。この加算結果が第 1 重み係数 310a として出力される。

【0053】

出力制御部64は、複数の信号の入力を変更するスイッチである。トレーニング信号302区間が終了する際に、出力制御部64は位相誤差補正部46からの初期の第1重み係数310aを入力し、第1ウェイト計算部120aから出力する。データ区間において、出力制御部64は加算部60の加算結果を入力し、それを第1重み係数310aとして出力する。

【0054】

図14は、信号処理部110に含まれる合成部118の構成を示す。合成部118は、遅延部166と総称する第1遅延部166a、第2遅延部166b、第n遅延部166n、乗算部168と総称する第1乗算部168a、第2乗算部168b、第n乗算部168n、加算部170を含む。

乗算部168は、遅延部166によって遅延されたベースバンド受信信号300と重み係数310を乗算する。加算部170は、すべての乗算結果を加算する。

【0055】

以上の構成による受信装置106の動作は以下の通りである。複数のアンテナ134によって受信された信号は、直交検波等によってベースバンド受信信号300に変換される。立ち上がり検出部122が、ベースバンド受信信号300よりバースト信号の先頭のタイミングを検出すると、トレーニング信号302区間が開始される。トレーニング信号302区間中において、初期値計算部10は、ベースバンド受信信号300とトレーニング信号302の相関処理を実行し、同時に位相誤差推定部12はベースバンド受信信号300とトレーニング信号302から位相誤差を推定する。

【0056】

トレーニング信号302区間が終了する際に、位相誤差補正部46は、初期値計算部10から出力される相関値312を、位相誤差推定部12から出力される位相誤差信号304で補正し、初期の重み係数310を生成する。データ信号区間が開始した際、合成部118はベースバンド受信信号300を初期の重み係数310で重み付けして加算する。データ信号区間において、ウェイト計算部12

0 はベースバンド受信信号 300 と誤差信号 308 をもとに、重み係数 310 を、初期の重み係数 310 から、繰り返し更新する。合成部 118 は、ベースバンド受信信号 300 を更新された重み係数 310 で重み付けして加算する。

【0057】

実施の形態 1 によれば、本装置は簡易な演算回路で実現可能である。また、初期の重み係数の推定のための相関処理と周波数偏差が並列に実行され、互いの処理結果を使用しないため、処理遅延を小さくできる。また、周波数発振器の周波数偏差による推定精度の劣化を改善可能である。

【0058】

(実施の形態 2)

実施の形態 2 は、実施の形態 1 と同様に受信信号に含まれるトレーニング信号区間において、送信装置と受信装置の周波数発振器の周波数偏差を推定する。実施の形態 1 は、受信信号からトレーニング信号の信号成分を除去した後、周波数偏差を推定した。一方、実施の形態 2 は、トレーニング信号がトレーニング信号より短い周期の信号系列の繰り返しによって構成されている場合において、繰り返しによって周期的に出現する同一信号間で周波数偏差を推定するために、受信信号からトレーニング信号の信号成分を除去することが不要になり、除去のための乗算器も不要になる。

【0059】

図 15 は、実施の形態 2 に係る位相誤差推定部 12 の構成を示す。図 15 の位相誤差推定部 12 は、図 12 の位相誤差推定部 12 と比較して、第 1 乗算部 28 a、第 2 乗算部 28 b、第 n 乗算部 28 n が削除されている。実施の形態 2 では、乗算部 34 で乗算される信号が同一の送信信号を含む必要があるため、それを満たすよう遅延部 30 の遅延量を設定する。図 2 のバーストフォーマットにおいて、プリアンプルは交番符号により構成されているため、2 シンボルごとに同一の値となる。そのため、遅延部 30 はベースバンド受信信号 300 を 2 シンボル遅延させるように設定される。図 3 のバーストフォーマットの 1 OFDM シンボルごとに同一の値となる区間において、遅延部 30 は 1 OFDM シンボルに設定される。一方、1/5 OFDM シンボルごとに同一の値となる区間において、遅

延部 30 は 1/5 OFDM シンボルに設定される。

【0060】

実施の形態 2 によれば、受信信号から送信信号成分を除去せずに周波数偏差が推定できるため、演算回路の規模をより削減可能である。

【0061】

(実施の形態 3)

実施の形態 3 は、実施の形態 1 や 2 と同様に、送信装置と受信装置の周波数発振器の周波数偏差を推定する。実施の形態 1 や 2 は、トレーニング信号区間において、受信信号を遅延させた信号と受信信号から、時間軸方向において周波数偏差を推定した。一方、実施の形態 3 は、受信信号をフーリエ変換し、周波数空間の受信信号から、周波数軸方向に周波数偏差を推定する。周波数空間に変換することにより、受信信号がトレーニング信号であるか、データ信号であるかによらず周波数偏差を推定できる。その結果、トレーニング信号区間よりも長い時間で、より精度の高い周波数偏差を推定できる。

【0062】

図 16 は、実施の形態 3 に係る位相誤差推定部 12 の構成を示す。位相誤差推定部 12 は、第 1 主信号遅延部 26 a、第 2 主信号遅延部 26 b、第 n 主信号遅延部 26 n、フーリエ変換部 66 と総称する第 1 フーリエ変換部 66 a、第 2 フーリエ変換部 66 b、第 n フーリエ変換部 66 n、平均部 36、位相変換部 38、複素数変換部 42、補正信号生成部 44 を含む。

【0063】

フーリエ変換部 66 は、主信号遅延部 26 によって遅延されたベースバンド受信信号 300 をフーリエ変換し、周波数空間の信号を出力する。この周波数空間の信号は、平均部 36 で平均処理された後、位相変換部 38 で電力あるいは振幅のピークが検出される。このピークに対応する周波数の値が、送信装置 100 と受信装置 106 の周波数発振器間の周波数偏差であると推定する。以降の処理は、図 14 の位相誤差推定部 12 と同一である。

【0064】

実施の形態 3 によれば、トレーニング信号区間よりも長い時間において、周波

数偏差の推定ができるため、その推定精度が向上する。

以上、本発明を実施の形態をもとに説明した。この実施の形態は例示であり、それらの各構成要素や各処理プロセスの組合せにいろいろな変形例が可能なこと、またそうした変形例も本発明の範囲にあることは当業者に理解されるところである。

【0065】

実施の形態において、信号処理部110は、アダプティブアレイアンテナにおける受信信号の合成に適用されているが、それ以外に適用されてもよく、例えば、適応等化器がある。その場合、合成部118の構成が実施の形態と異なり、FIRフィルタのごとく、ひとつの受信信号を複数の遅延素子で遅延させ、遅延させた複数の受信信号と複数の重み係数をそれぞれ乗算した後に、合成する構成となる。また、キャリア再生回路に適用されてもよい。その場合、合成部118における乗算部168がひとつのみになる。つまり、信号処理部110は、相関処理による位相誤差が生じる場合に、適用可能である。

【0066】

実施の形態において、ウェイト計算部120は、適応アルゴリズムとしてLMSアルゴリズムを使用している。しかし、これ以外のRLSアルゴリズムなどが使用されてもよく、さらに、重み係数が更新されなくてもよい。つまり、想定される無線伝搬環境や演算回路規模などに応じて、選択されればよい。

実施の形態1において、位相誤差推定部12は、遅延部30と乗算部34を含んでいる。しかし、位相誤差推定部12が単独で遅延部30と乗算部34を使用する必要はなく、例えば、AFC (Automatic Frequency Control) と共用してもよい。つまり、ひとつの回路を共有して、回路規模を小さくしてもよい。

【0067】

実施の形態1において、立ち上がり検出部122は、ベースバンド受信信号300の電力を計算し、それをもとにバースト信号の立ち上がりを検出している。しかし、バースト信号の立ち上がり検出は、これ以外の構成によって実現されてもよい。例えば、タイミング検出部144の構成として示したマッチドフィルタ

により検出することも可能である。つまり、正確にバースト信号の立ち上がりが検出されればよい。

【0068】

実施の形態1において、位相誤差推定部12に含まれる遅延部30の遅延時間を2シンボルとした。しかし、この遅延時間はこれに限られない。例えば、1シンボルやトレーニング信号の最初と最後のシンボルの間隔としてもよい。つまり、遅延部30の遅延時間は、周波数発振器の安定度と要求される周波数偏差推定精度などによって最適なものとすればよい。

【0069】

実施の形態1において、初期値計算部10や位相誤差推定部12が処理を行う時間をトレーニング信号区間とした。しかし、これに限られず、例えば、トレーニング信号区間より短い時間であってもよい。つまり、トレーニング信号区間の長さと、要求される推定精度により、設定されればよい。

【0070】

【発明の効果】

本発明によれば、応答特性を簡易な演算回路で高速に推定できる。また、送信装置と受信装置の周波数発振器の周波数偏差による応答特性の推定精度の劣化を改善できる。また、送信装置と受信装置の周波数発振器の周波数偏差の推定精度を向上できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 実施の形態1に係る通信システムを示す構成図である。

【図2】 実施の形態1に係るバーストフォーマットを示す図である。

【図3】 実施の形態1に係るバーストフォーマットを示す図である。

【図4】 実施の形態1に係る受信装置の構成を示す図である。

【図5】 図4の第1前処理部の構成を示す図である。

【図6】 図4の第1前処理部の構成を示す図である。

【図7】 図4の第1前処理部の構成を示す図である。

【図8】 図5、6、7のタイミング検出部の構成を示す図である。

【図9】 図4の立ち上がり検出部の構成を示す図である。

【図 10】 図 9 の立ち上がり検出部の動作の手順を示す図である。

【図 11】 図 4 の第 1 初期値計算部の構成を示す図である。

【図 12】 図 4 の位相誤差推定部の構成を示す図である。

【図 13】 図 4 の第 1 ウェイト計算部の構成を示す図である。

【図 14】 図 4 の合成部の構成を示す図である。

【図 15】 実施の形態 2 に係る位相誤差推定部の構成を示す図である。

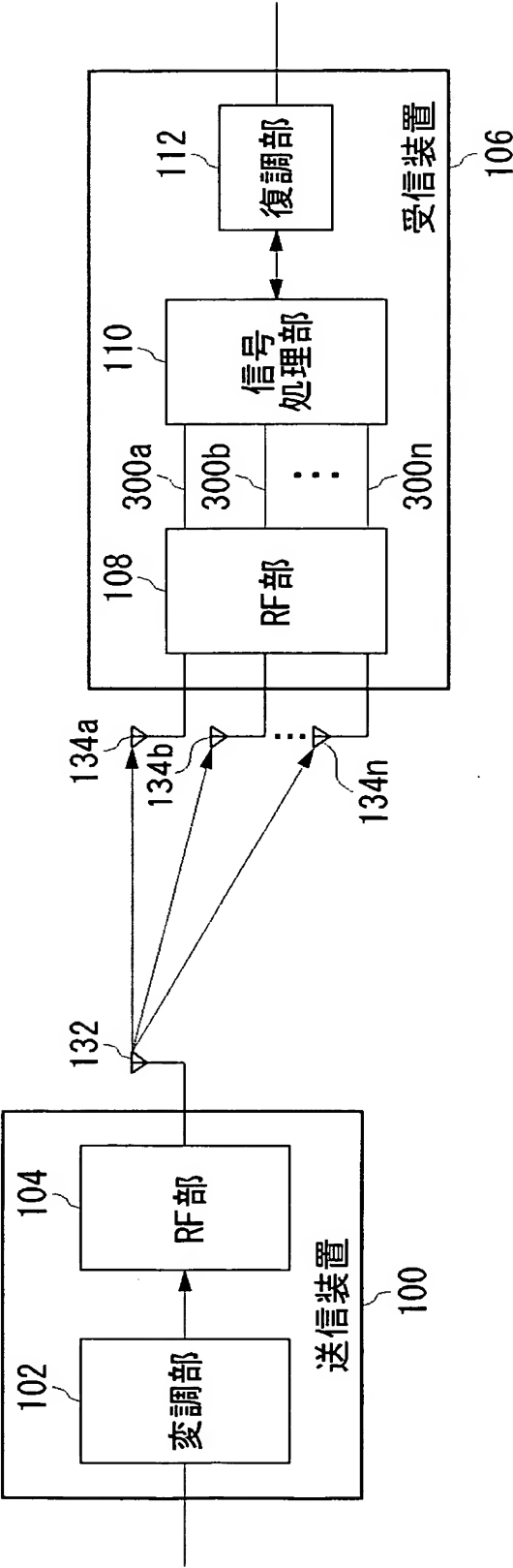
【図 16】 実施の形態 3 に係る位相誤差推定部の構成を示す図である。

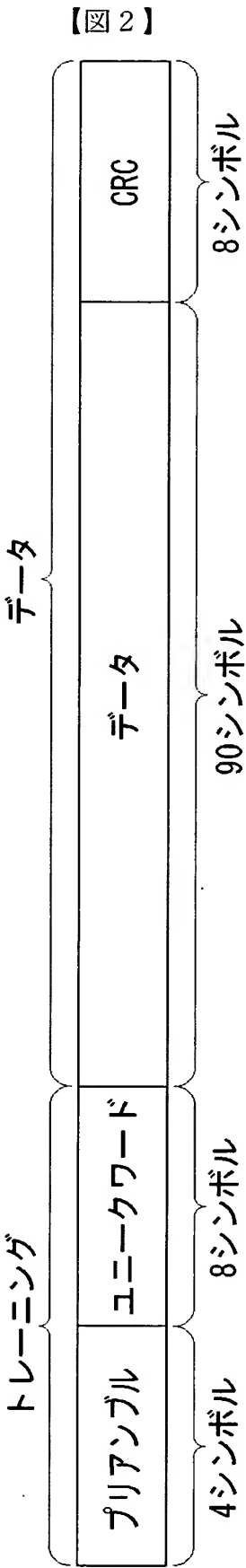
【符号の説明】

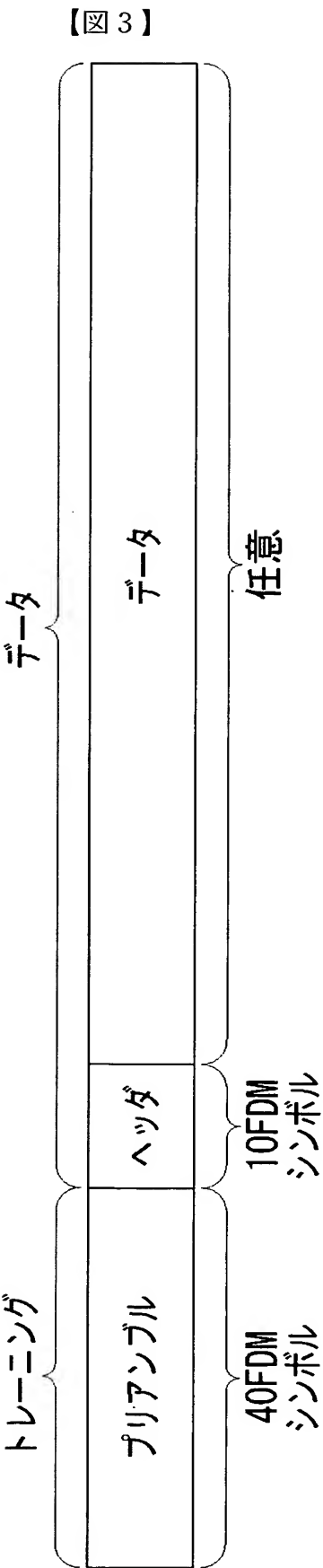
10 初期値計算部、 12 位相誤差推定部、 100 送信装置、 102 変調部、 104 RF部、 106 受信装置、 108 RF部、 110 信号処理部、 112 復調部、 114 前処理部、 116 BB入力部、 118 合成部、 120 ウェイト計算部、 122 立ち上がり検出部、 124 制御部、 126 トレーニング信号記憶部、 128 判定部、 130 加算部、 132 アンテナ、 134 アンテナ、 300 ベースバンド受信信号、 302 トレーニング信号、 304 位相誤差信号、 306 制御信号、 308 誤差信号、 310 重み係数、 312 相関値。

【書類名】 図面

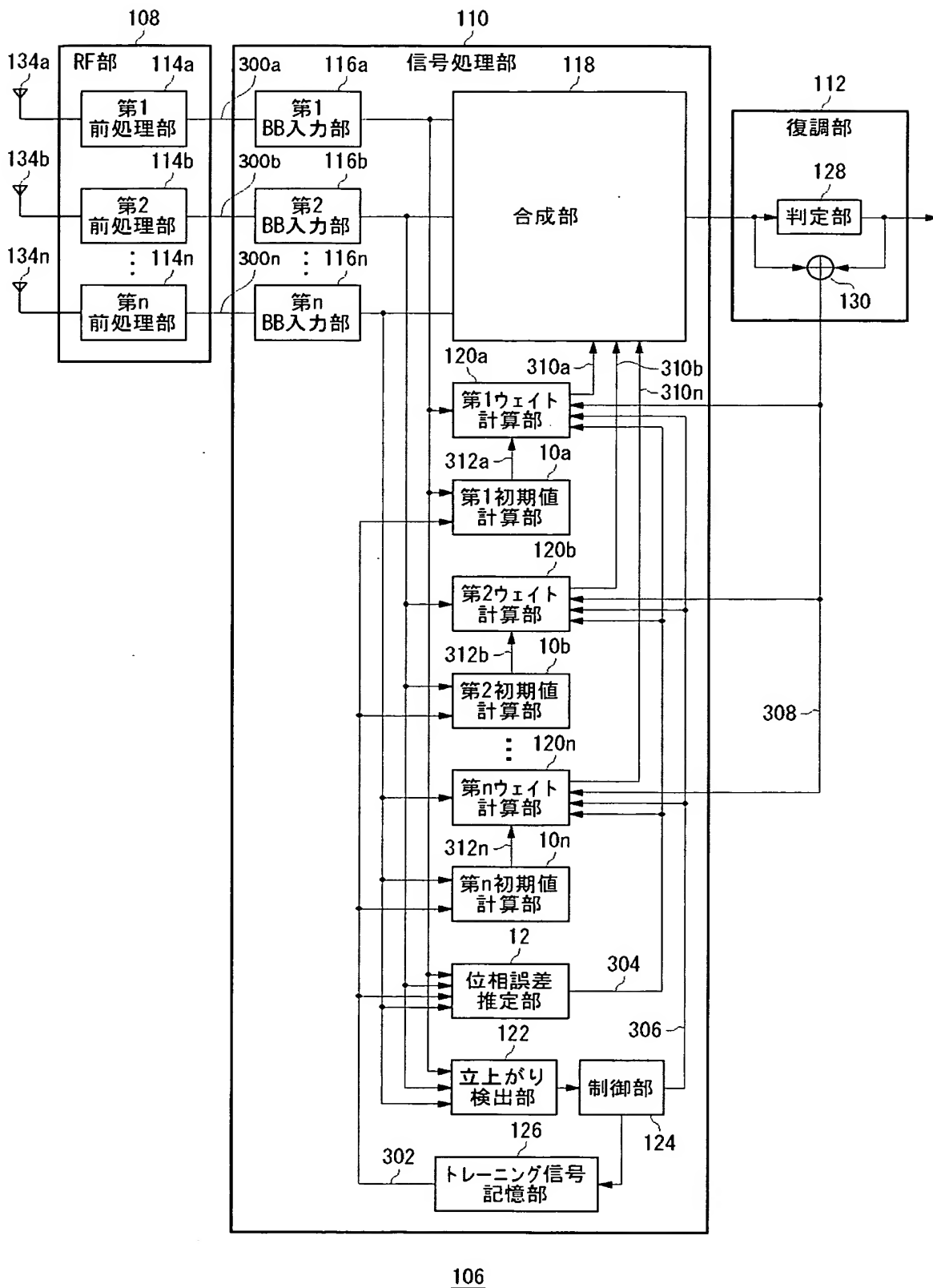
【図 1】



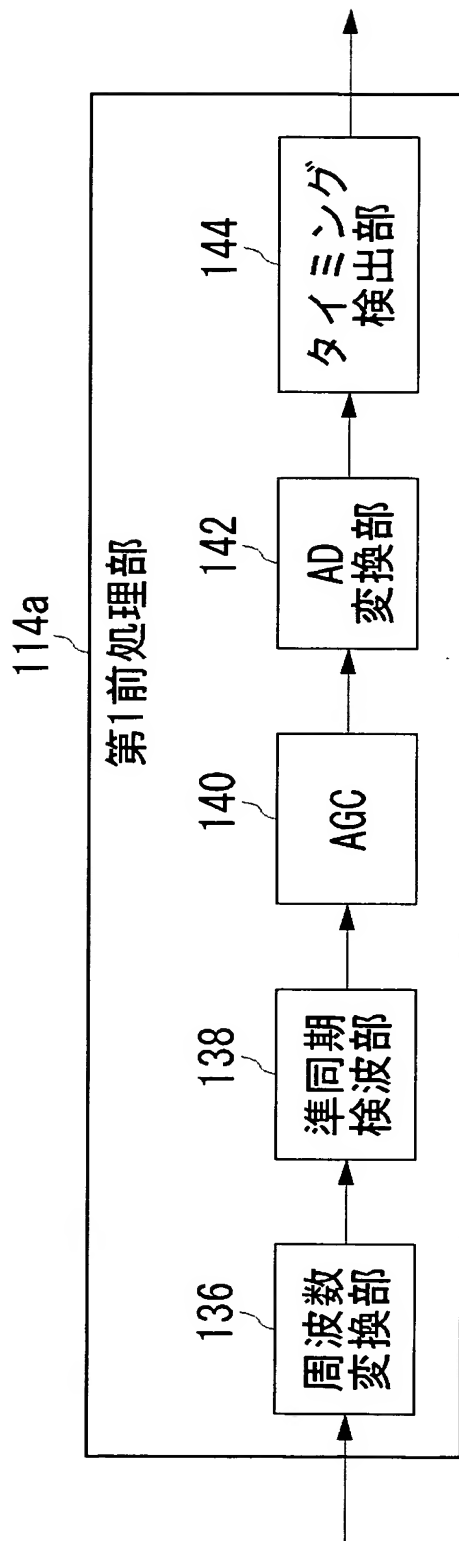




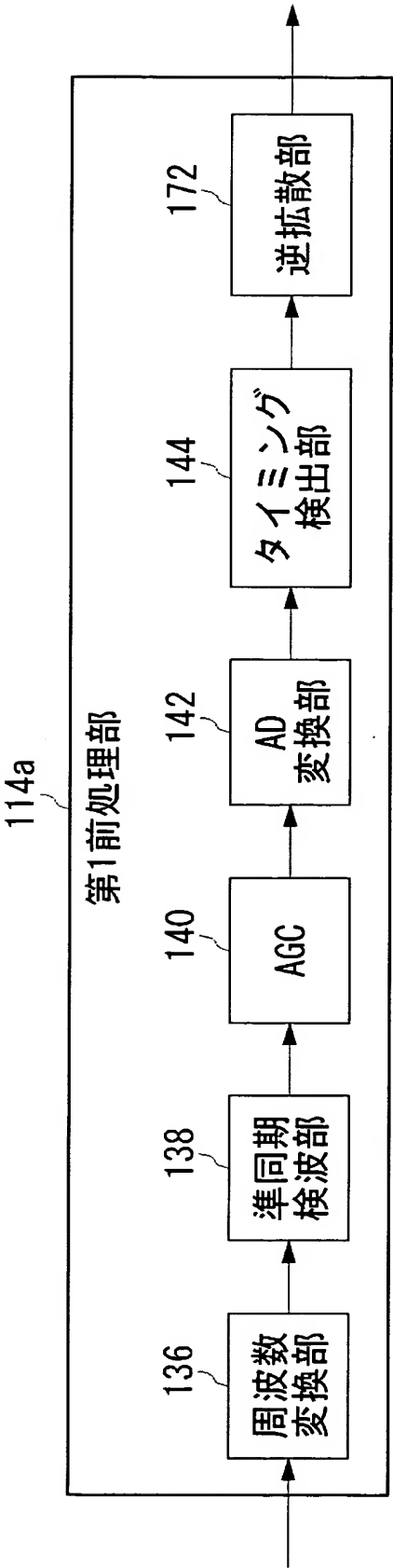
【図 4】



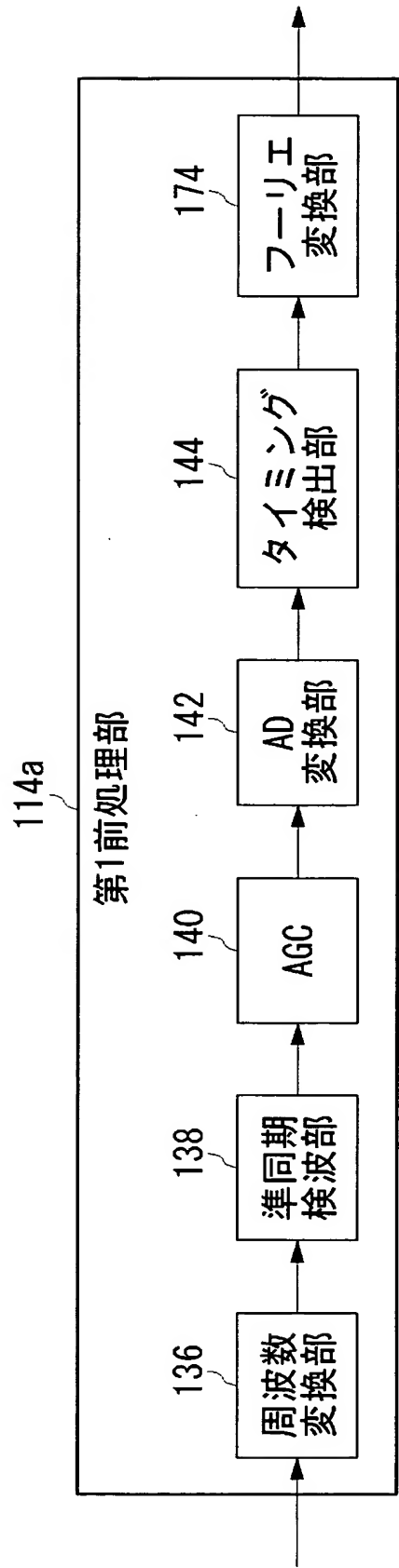
【図 5】



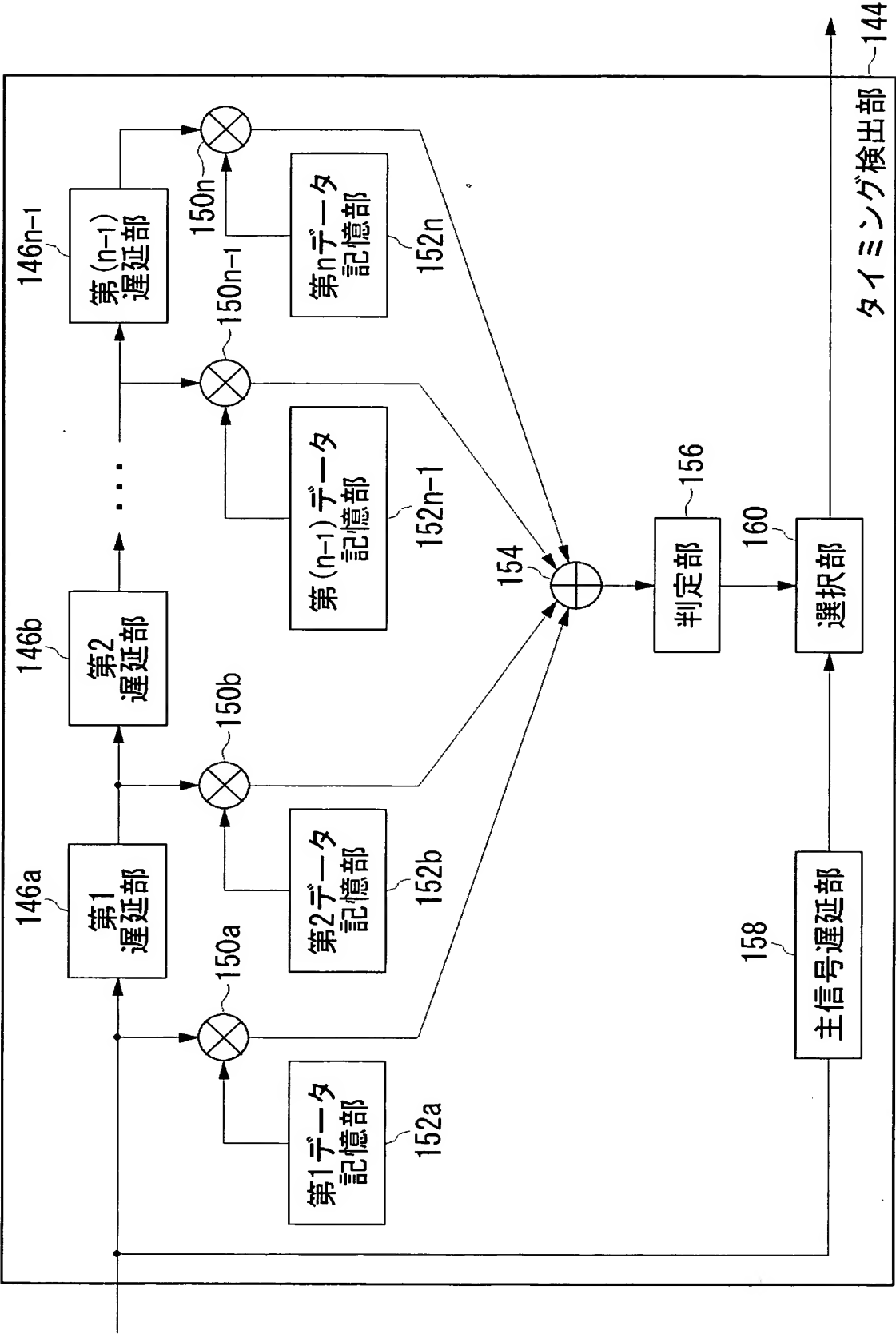
【図 6】



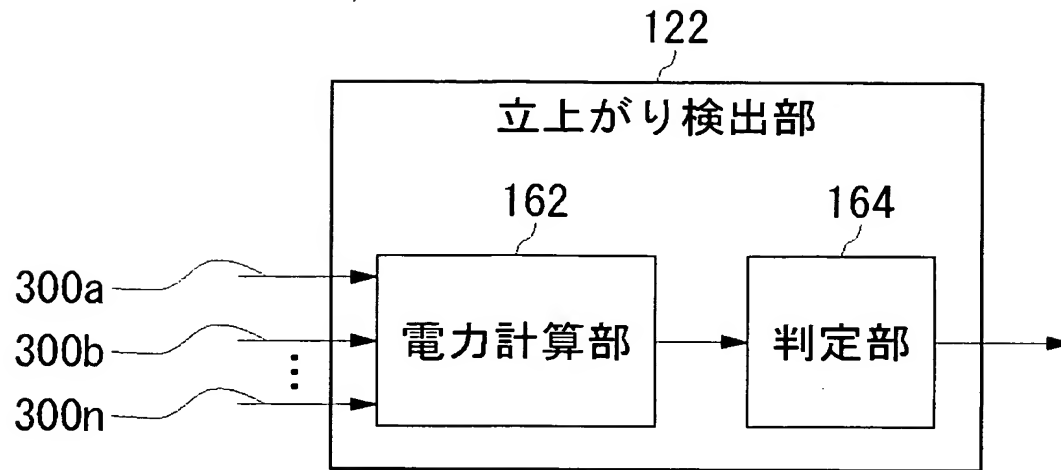
【図 7】



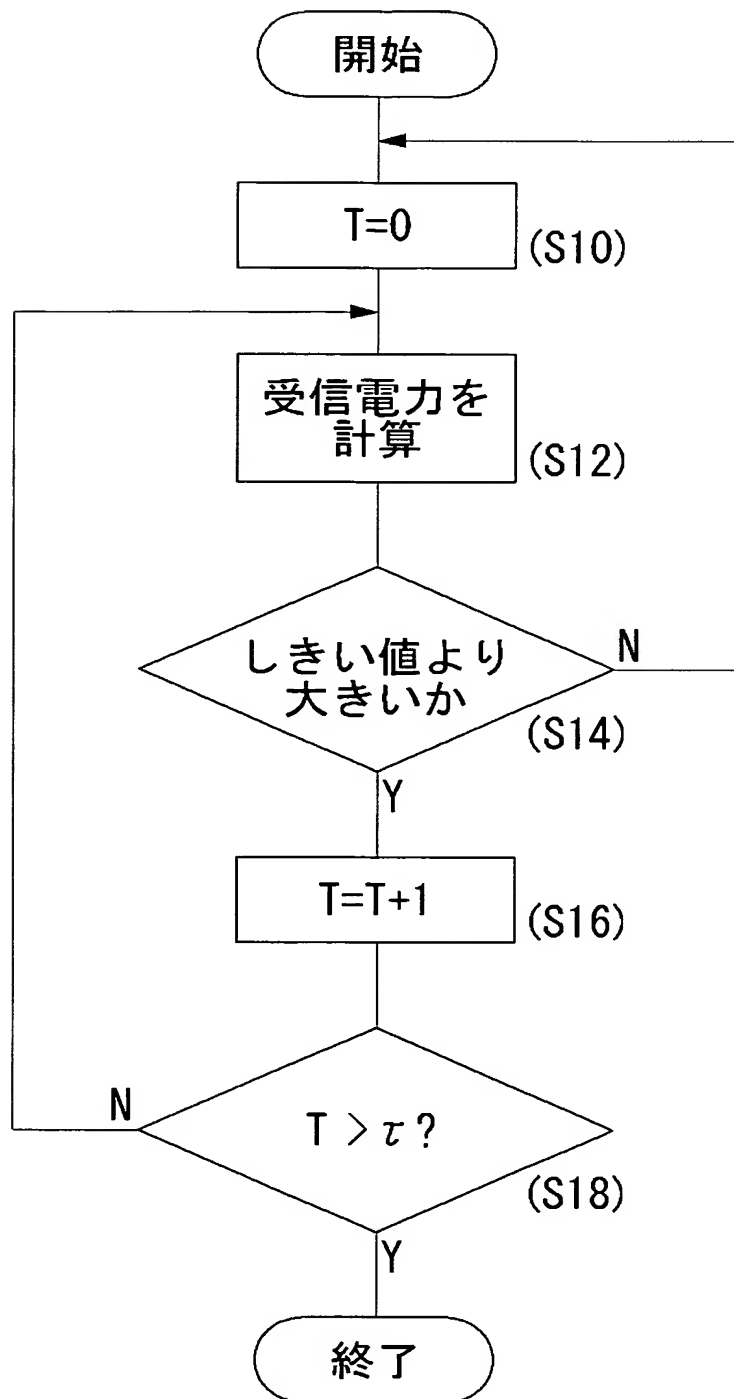
【図 8】



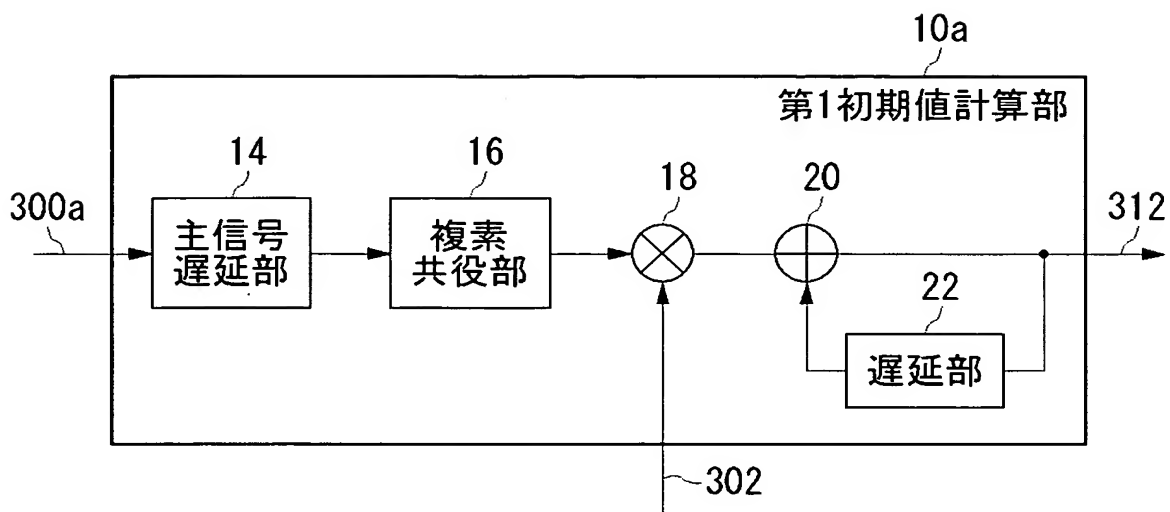
【図 9】



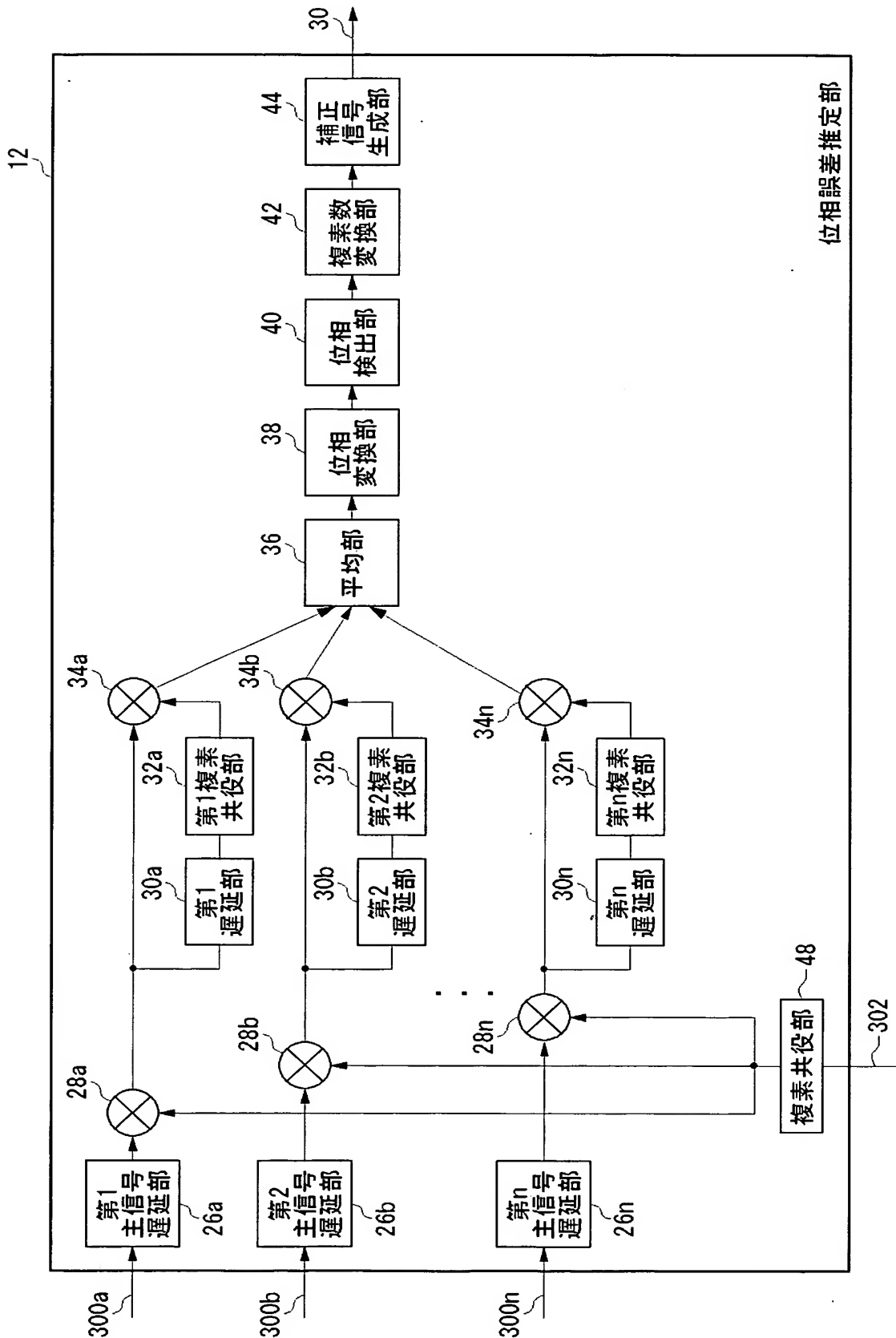
【図 10】



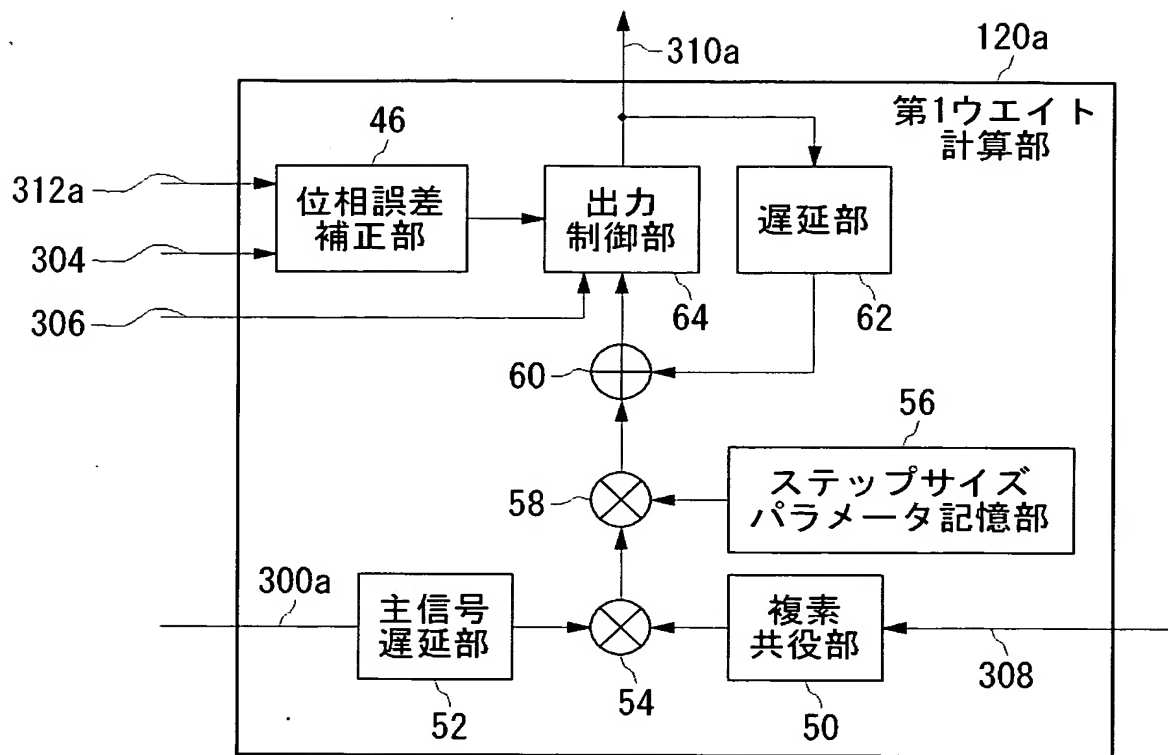
【図 1 1】



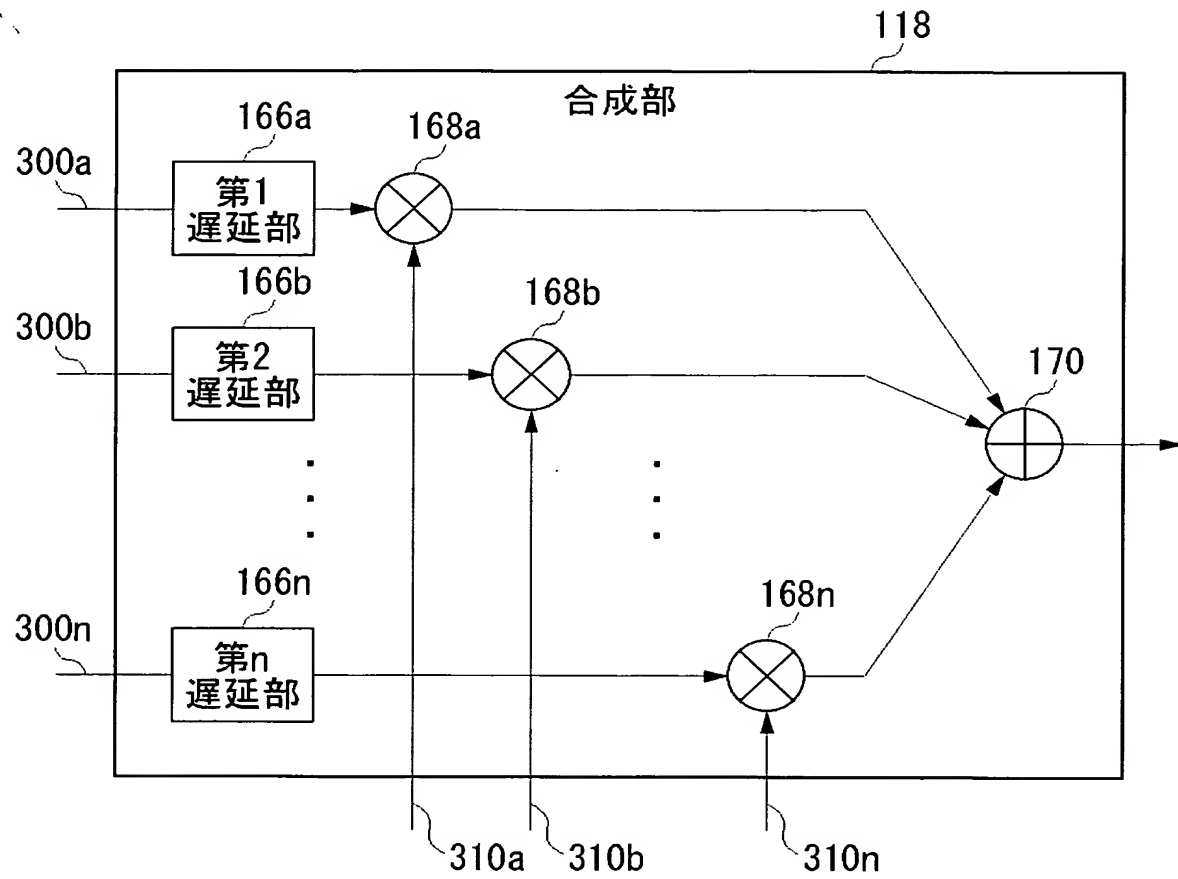
【図 12】



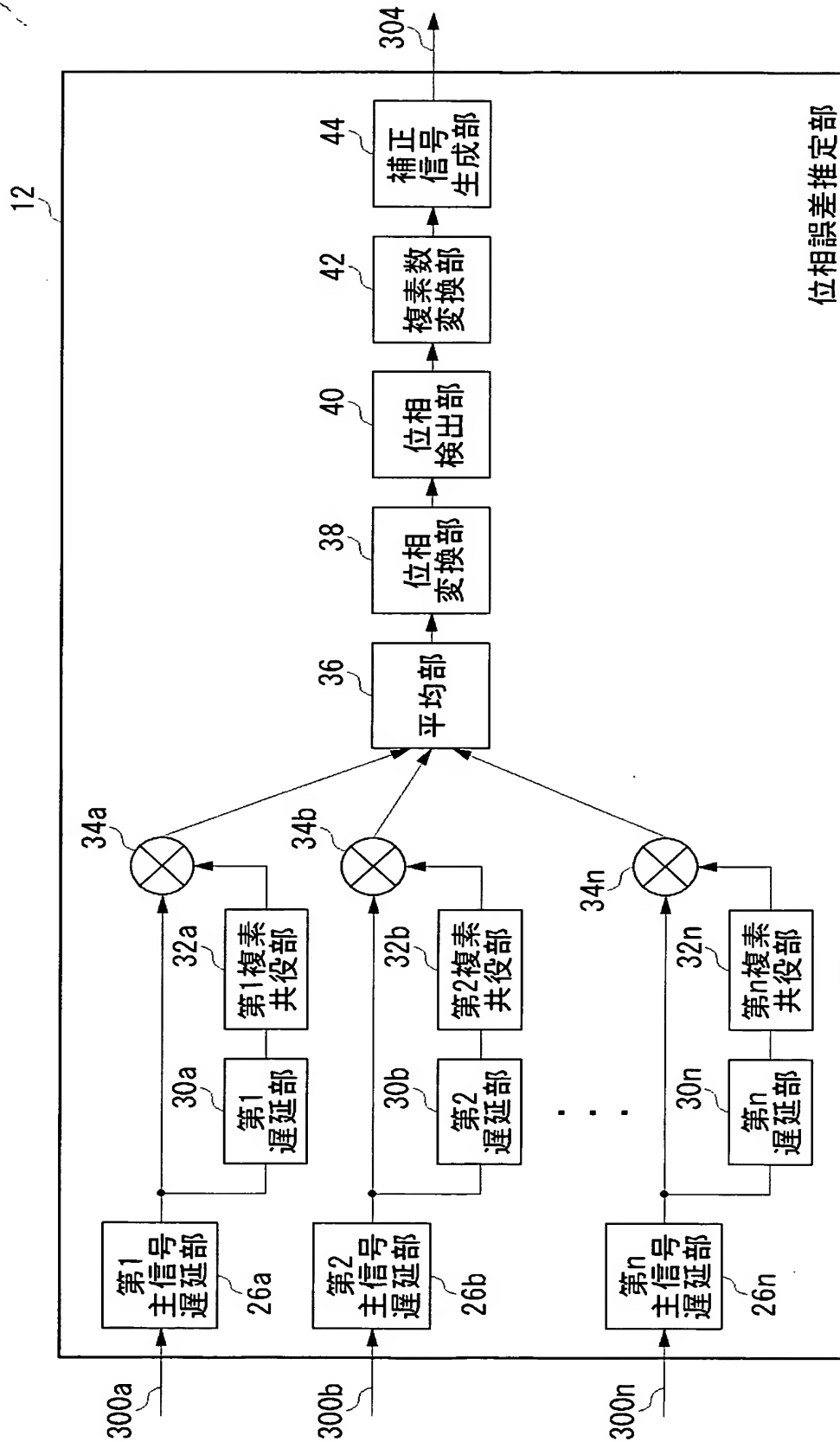
【図 13】



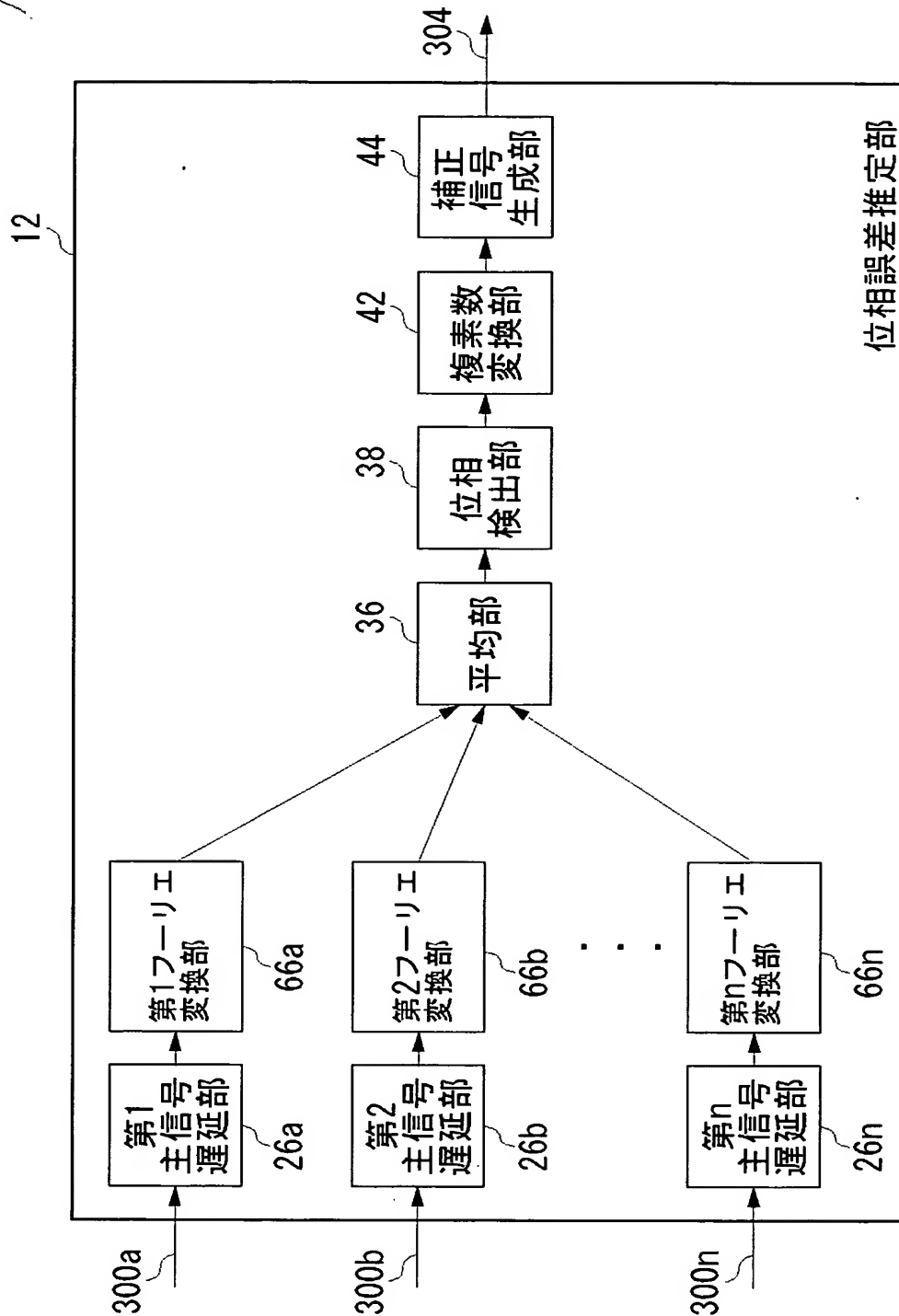
【図 14】



【図 15】



【図 16】



【書類名】

要約書

【要約】

【課題】 アダプティブアレイアンテナにおける重み係数の位相誤差を補正する。

【解決手段】 BB入力部116は、ベースバンド受信信号300を入力する。初期値計算部10は、トレーニング信号302区間中に、ベースバンド受信信号300とトレーニング信号302の相関処理によって、相関値312を計算する。位相誤差推定部12は、ベースバンド受信信号300とトレーニング信号302から、位相誤差信号304を出力する。ウェイト計算部120は、トレーニング信号302区間が終了する際に、相関値312を位相誤差信号304で補正して、初期の重み係数310とする。データ信号区間において、重み係数310は、初期の重み係数310から更新される。合成部118は、ベースバンド受信信号300を重み係数310で重み付けした後、それらを加算する。

【選択図】

図4